

## 研究小集会「現地観測による極域海洋の変動過程の研究」報告

牛尾収輝\*

### Report of workshop “Studies of variability processes in polar oceans based on field observations”

Shuki Ushio\*

**Abstract:** The purpose of the present workshop is to discuss future research plans to reveal variability in polar oceans and their relation to global climate change. Several topics dealing with field observations, theoretical studies, and data analyses concerning the Sea of Okhotsk and the Southern Ocean were presented. Furthermore, the necessity of research vessels was stressed and observation plans were proposed to promote polar oceanography in the Southern Ocean.

**要旨:** 本研究小集会の目的は、極域海洋の変動過程および気候変動との関連を解明するための将来の研究計画について議論することである。オホーツク海や南大洋で実施された現地観測、数値的研究、および衛星や気候データの解析結果に基づく話題が提供された。また今後の現地観測を展開する上で、観測船の必要性が強調され、具体的な観測計画が提案された。

### 1. はじめに

標記研究小集会を1998年10月8日、国立極地研究所講義室において、21名の参加者のもとで行なった。本集会の目的、プログラムおよび集会の概要を記す。

### 集会の目的

平成8年度以降、当研究所研究小集会において、海水域を含む高緯度海域の海洋物理・生物・化学にわたる様々な分野の研究成果を紹介すると共に、今後の研究の方向性について検討を行ってきた（牛尾，1999）。これまで各研究分野からのアイデアとして多岐にわたる計画案を集約していたが、それらを総合した計画としてとりまとめていく段階にきている。そこで次のステップとして、南大洋の諸過程解明に焦点を当てた将来の研究・観測の具体化に向け、計画立案の作業を進めることを念頭に置いたワークショップを行った。現行の砕氷艦「しらせ」では様々な制約のために実施が困難な海洋観測や従来よりも時間空間スケールを広げた現象の解明を目指して、観測専用船による研究観測を展開することが不可欠である。

\* 国立極地研究所。National Institute of Polar Research, Kaga 1-chome, Itabashi-ku, Tokyo 173-8515.

船舶による新たな研究計画が提案（11件）され、また「しらせ」において継続、発展させるべき観測の重要性についても討論した。

**プログラム**（1998年10月8日 10:30～17:30）

<趣旨説明> 南極海総合研究計画の実現に向けて 福地光男（極地研）

<話題提供>

海洋炭酸系の季節・経年変動 ～「そうや」によるオホーツク海観測から～ 大槻晃久  
（北大地球環境）

生物生産と環境変動とのフィードバック機構 小達恒夫（極地研）

Double diffusive effect on thermobaric convection 長島秀樹（東京水産大）

昭和基地沖における氷厚と流速・水温・塩分の係留モニタリング観測 大島慶一郎（北大低温研）

海氷上の積雪の観測について 榎本浩之（北見工大）

南大洋にまつわる気候変動のトピックス 本井達夫（気象研）

JAREによる海洋観測 牛尾収輝（極地研）

コメンテーター：石井雅男（気象研）・野木義史（極地研）・若土正暁・河村俊行・白澤邦男  
（北大低温研）・石田邦光（鳥羽商船高専）

<総合討論>

## 2. 話題提供の概要と総合討論のまとめ

最近のオホーツク海における炭酸の観測結果から、高アルカリ度、高生物生産、安定な水柱という条件下で、海洋が二酸化炭素を吸収しているかどうかを評価した。二酸化炭素交換は海氷消長の年々変化とも関連していることが示唆された。オホーツク海で得られた知見に基づき、今後は海水分布とその変動、海水のアルカリ度、全炭酸濃度を南大洋で実測する際、海水が形成される高緯度海域のみならず、亜南極域にも観測領域を広げて、定量的な議論が出来るような現地データ取得の重要性が述べられた（大槻による発表）。

植物プランクトンにとっての海水の役割、雲、光環境、氷厚、積雪深などとの関連、気候に対する生物群集の応答について考察された。環境によってプランクトンの量のみならず組成も変化する。第33次隊の昭和基地付近の観測結果から、海水が厚い場合、クロロフィルの増大に時間的遅れが見られ、光環境が一次生産過程の上で重要な条件となっていることがわかった（小達による発表）。

極域海洋における二酸化炭素交換過程を明らかにするために、表層の冬季水の性質をより詳細に調べる必要がある。夏季には中冷水となるこの温度極小層では、全炭酸濃度が場所によらず、ほぼ一定値を示すプロセスを物理・化学・生物学的に解明することが興味深いテー

マである。また二酸化炭素交換の季節変化の実態を知ることも重要である（石井によるコメント）。

大陸分裂など固体地球物理学的に見たインド洋区研究の重要性が述べられた。近年、人工衛星観測によって重力異常分布の詳細が明らかになりつつあるが、海山調査や南極海の形成の歴史を解明するためには、従来の「しらせ」による観測ラインでは不十分で、南北方向の観測ラインを充実させることが必要である。ホットスポットの分布などについても貴重な知見が得られるであろう（野木によるコメント）。

海洋深層循環に寄与する極域海洋の対流過程の特性が、数値実験から示された。深層対流の発達に、海水の密度変化の圧力依存と拡散係数の効果が改めて強調された。ウェッデル海の海底に存在する底層水の形成・流動過程を明らかにするために、広域の海洋構造の実態を把握することが必要である。異種水塊の境界域における熱・塩輸送の定量的な把握も重要である。特に冬季を含めた海洋構造の季節変化を連続的に追跡する観測手法の開発も合わせて、検討していくことが重要である（長島による発表）。

将来、日本が主導すべき研究観測のテーマとして、海水厚や海流、表面海水モニター、潮位観測など、日本南極地域観測（以下、JARE）による長期モニタリングが上げられる。チャーター船を運用する際には「しらせ」の船上観測とリンクした計画の立案は欠かせない。特にこれまで永年にわたって取得されてきた昭和基地の潮位観測データの変動から、海洋変動のシグナルが反映される可能性があり、大陸沿岸流の流速、密度の季節・年々変化との対応を調べることによって、昭和基地周辺海域がモニタリングサイトとして重要な役割を果たすことが期待される。また海水分布の時間空間的な変化を捉えるための立体的な観測として、上向き超音波氷厚計（ULS）の係留、海水ビデオ、衛星観測を展開することが望まれる（大島による発表）。

人工衛星データから氷上積雪深を推定する手法開発が進められているが、昭和基地沖を含むインド洋セクターのデータが特に少ないのが現状である。氷縁位置の識別は徐々に精度が向上しているが、海水域内部の氷状、特に海水密接度や積雪深の見積もり精度を向上させるためにも、衛星観測と同期した現地観測の実施が不可欠である（榎本による発表）。近年、積雪が海水成長過程の及ぼす効果の重要性が強調され、アメリカ、オーストラリアで広域の海水調査が実施されている。しかしながらウェッデル海やロス海、アムンゼン海、ベリングスハウゼン海など、海域が限定されていることもあり、南極海水域全体の特徴を把握できたとは言い難い。人工衛星リモートセンシングのデータ解釈にも氷上積雪の評価は今後益々重要になることから、より広域な現地観測とトゥールースデータの蓄積に焦点を当てた観測計画の立案が重要である（河村によるコメント）。

数十年スケールの現象としての南極周極波やそれとエル・ニーニョとの関係がデータ解析や数値実験によって追究されている。1970年代に顕著であったウェッデル・ポリニアも数十

年スケールの現象である可能性が見出されている。さらに古気候のように長い時間スケールで南北両極を比較すると、南極海の変動シグナルが相対的に大きいことがモデル研究で示されている。ここに南極周極流の季節・年々変化が大きな要因の一つと考えられている。周極流の流量や流軸の変動モニタリングは今後の大きな課題と言え、表面のみならず海洋内部の構造の変化を把握することも不可欠である。JARE 定常観測ラインの東経 110 度および 150 度の観測データの蓄積が今後、さらに重要になるであろう。そのためにも観測項目、長期的な計画の検討、データ解析を進めることが不可欠である（本井による発表）。

これまで未知であったエンダビーランド沖における南極底層水の形成機構を解明するために、海底近傍までの精密な海洋物理・採水観測を実施する。これは既にオーストラリアが実施した観測計画を発展させるもので、実測データ（特にフロンの化学データ）の希薄なインド洋区をこれまでの観測実績を有する我が国主導で研究を推進することが時宜に合っている。また南大洋における南北間の熱・塩・物質輸送の諸過程を理解することも海洋学上、重要なテーマであり、海水を含む高緯度海域が中・低緯度海域に果たす役割を現地観測から明らかにする。このことは海洋深層循環をはじめとするグローバルスケールの現象解明にも発展することが期待させる（牛尾、若土による発表）。

以上の話題提供およびコメントに基づいて、今後の研究・観測の方向性について討論した。南大洋研究のテーマを明確にする中で、現行の「しらせ」では実現困難な観測項目や手法、オペレーションについて、さらに検討を加えることが重要である。モニタリング研究観測の長期継続に適した「しらせ」の長所を活かすと共に、目的主導型の研究観測の展開を図る。特に 4~5 年の集中型観測を基軸とした研究の目標を明確にし、さらに将来の計画に発展させる視点を持つことが不可欠である。また現地観測に必要な能力、設備を有する船の選定を平行して進めながら、観測オペレーションの計画を練り上げていくことになる。

時間空間的に広範囲の観測をカバーするため、国内外の今後の研究・観測計画の動向を把握しておくことも不可欠である。そのひとつとして我が国の水産庁主導の観測計画案について紹介された。これは CCAMLR（南極海洋生物資源保存委員会）関連の南大洋生態系変動の解明を主要テーマとする英米日の 3 国共同プログラムの一環で、オキアミや海洋構造の観測が予定されている。生物生態研究分野でも数十年スケールの現象把握が注目されている。また GLOBEC（Global Ocean Ecosystems Dynamics Research: 海洋生態系の地球規模変動）関連では西暦 2001-2002 年の南極海水域における観測計画が紹介された。このような海洋物理研究グループと生物グループ間で情報交換、討論する機会を今後さらに多くしていくことが、計画の充実や現地観測の成功に結びつくことと期待される。

#### 文 献

牛尾収輝（1999）：「極域海洋の循環観測に関する研究小集会」報告。南極資料，**43**，597-600。

（1999 年 9 月 20 日受付；1999 年 9 月 22 日受理）